

Original document

LIGHT-EMITTING DIODE

Publication number: JP11017220

Publication date: 1999-01-22

Inventor: LEE BIING-JYE; JOU MING-JIUNN; TAN SHORIN

Applicant: SHOGEN KODEN KOFUN YUGENKOSHI

Classification:


- international: **H01L33/00; H01L33/00**; (IPC1-7): H01L33/00


- european:

Application number: JP19980128077 19980423

Priority number(s): TW19970108537 19970618; US19970840914 19970418

Also published as

 US6057562 (

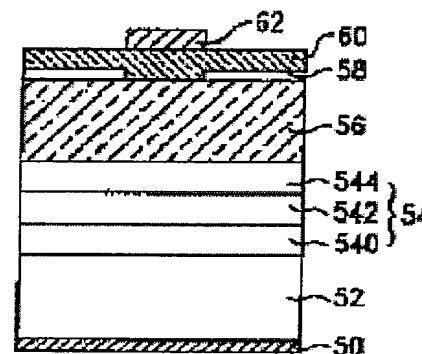
 DE19817368

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error](#)

Abstract of JP11017220

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance light-emitting efficiency by laminating an active layer, a clad layer, a window layer, a contact layer, and the like one after another, depositing thereon a conductive translucent oxide layer, while providing the contact layer with a recessed portion, and further forming thereon a second electrode whose size and position correspond with those of the recessed portion. **SOLUTION:** A lower layer electrode 50 is provided thereon with a substrate 52 and an overlap layer 54 consisting of a lower clad layer 540, an active layer 542 and an upper clad layer 544. Further, a window layer 56 and a contact layer 58 are formed on the overlap layer 54. Subsequently, a position for forming a recessed region is determined on the central region of the contact layer 58. The determined position is etched until a portion of the window layer 56 appears to form the recessed region. Thereafter, a conductive translucent oxide layer 60 is formed on the contact layer 58, which is then further provided thereon with an upper layer electrode 62 of which size and position correspond with those of the recessed region. Thus, since supplied current is dispersed to the entire light-emitting diode, and the conductive translucent oxide layer 60 does not absorb light emitted from the active layer 542, luminance is enhanced.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Description of corresponding document: US6057562

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

The present invention relates to the structure of a light emitting diode (LED), and more particularly to the structure of a surface emitting LED with a window layer and a conductive transparent oxide layer for obtaining high brightness.

2. Description of the Prior Art

AlGaInP alloy technology has been used for making light emitting diodes (LEDs) of wavelength range from about 550 to 680 nanometers by adjusting the aluminum to gallium ratio in the active region of LEDs. Further, metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) is used to grow efficient AlGaInP heterostructure devices. A conventional LED contains a double heterostructure of AlGaInP, which includes an n-type AlGaInP cladding layer formed on an n-type substrate of GaAs, an active layer of AlGaInP formed on the n-type cladding layer, and a p-type AlGaInP cladding layer formed on the active layer.

For efficient operation of the LED, injected current should be spread evenly in the lateral direction, and the current will cross the p-n junction of the double heterostructure of AlGaInP uniformly to generate light evenly. The p-type AlGaInP cladding layer, which is grown by MOVPE process, is very difficult to grow with acceptors of a concentration higher than $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Further, hole mobility (about 10 to 20 $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$) is low in p-type AlGaInP semiconductor. Due to these factors, the electrical resistivity of the AlGaInP layer is comparatively high (about 0.3-0.6 $\Omega\cdot\text{cm}$ normally), so that current spreading is severely restricted. Consequently, current tends to concentrate, and is often referred to as a current crowding problem.

One technique to solve the current crowding problem is disclosed by Fletcher et. al. in U.S. Pat. No. 5,008,718. The structure of the proposed LED is shown in FIG. 1, and is fabricated with a back electrical contact 10, a substrate of n-type GaAs 12, a double heterostructure of AlGaInP 14, a window layer of n-type GaP 16, and a front electrical contact 18. The double heterostructure of AlGaInP 14 mentioned includes a bottom cladding layer of n-type AlGaInP 140, an active layer of AlGaInP 142, and a top cladding layer of p-type AlGaInP 144. The window layer 16 should be selected from materials that have low electrical resistivity so that current can spread out quickly, and have a band gap higher than that of AlGaInP layers so that the window layer 16 is transparent to light emitted from the active layer of AlGaInP 142.

In an LED for generating light in the spectrum from red to orange, AlGaAs material is selected to form the window layer 16. The AlGaAs material has the advantage of having a lattice constant compatible with that of the underlying GaAs substrate 12. In an LED for generating light in the spectrum from yellow to green, GaAsP or GaP material is used to form the window layer 16. It is a drawback of using the GaAsP or GaP material that their lattice constants are not compatible with those of the AlGaInP layers 14 and the GaAs substrate 12. This lattice mismatch causes a high dislocation density that produces less than satisfactory optical performance. In Applied Physics Letter, vol 61 (1992), p. 1045, K. H. Huang et. al. discloses a similar structure having a thick layer 16 of about 50 μm (or 500000 angstroms) in thickness. This structure provides a three-times illuminance efficiency than an LED without a window layer, and a ten-times illuminance efficiency than an LED with a window layer of about 10 μm in thickness. The fabrication of this structure unfavorably requires two different processes of metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) for growing the double heterostructure of AlGaInP, and vapor phase epitaxy (VPE) for forming the thick window layer of GaP 16, thereby increasing manufacturing time and complexity.

FIG. 2 shows another prior art LED, which is disclosed in U.S. Pat. No. 5,048,035. In this figure, the

that are not changed in appearance from the structure of FIG. 1 are labeled with the same reference numerals. The LED of FIG. 2, in addition to the structure of FIG. 1, is fabricated with a current-blocking layer of AlGaInP 20 on a portion of the double heterostructure 14, and a contact layer of GaAs 22 between the window layer 16 and the electrode 18. The current-blocking layer 20 is arranged at a position which is in alignment with the front electrode 18 and thus current is spread out laterally by the current-blocking layer 20. Two MOVPE processes are disadvantageously required in fabricating this structure, i.e., for the heterostructure 14 and the current-blocking layer 20 by a first MOVPE, followed by a photolithography technique to define the area of the current-blocking layer 20, and forming the window layer 16 by a second MOVPE.

FIG. 3 shows a third prior art LED disclosed in U.S. Pat. No. 5,359,209. In this figure, the layers that are not changed in appearance from the structure of FIG. 1 are labeled with the same reference numerals. The LED of FIG. 3, in addition to the structure of FIG. 1, is fabricated with an additional p-type window layer of GaAs 30 between the heterostructure 14 and the p-type window layer of GaP 16. Although the window layer of GaAs 30 has good conductivity with carrier concentration of 10^{19} cm⁻³ or more, the structure induces a light absorption phenomenon due to the fact that the energy gap of GaAs is substantially less than that of AlGaInP in the active layer 142.

FIG. 4 further shows a prior art LED disclosed in U.S. Pat. No. 5,481,122. In this figure, the layers that are not changed in appearance from the structure of FIG. 1 are labeled with the same reference numerals. The window layer of GaP 16 in FIG. 1 is now replaced by a p-type contact layer 40 and a conductive transparent oxide layer 42 in FIG. 4. Indium tin oxide (ITO) is preferably used for forming the conductive transparent oxide layer 42, which has high transparency rate at about 90% in the range of visible light. Further, its electrical resistivity (about 3×10^{-4} Ω·cm) is about 1000 times smaller than that of p-type AlGaInP, and about 100 times smaller than that of p-type GaP. However, the optimal thickness of about 1000 to 50000 angstroms does not provide a good condition for effectively emitting light, thereby confining the illuminance efficiency of the LED.

SUMMARY OF THE INVENTION

The object of the present invention is to obtain high brightness and reduce manufacturing time for an LED having spectrum ranging from red to green by using a window layer and a conductive transparent oxide layer.

Another object of the present invention is to provide an LED, wherein most processes in forming the LED use only metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE), thereby achieving high controllability of composition, carrier concentration, layer thickness, and simplifying manufacturing.

A further object of the present invention is to provide an LED using multiple quantum well structure in the active layer to improve the quality of the crystalline and the illuminance efficiency of the LED.

Moreover, an object of the present invention is to provide an LED with a distributed Bragg reflector to eliminate the absorption of the light emitted from the active layer by the substrate, thereby increasing light extraction efficiency of the LED.

In accordance with the present invention, a structure of LEDs is provided for obtaining high brightness. In one embodiment, the LED is fabricated with a substrate formed on a first electrode, a first cladding layer of a first conductivity type formed on the substrate, an active layer formed on the first cladding layer, a second cladding layer of a second conductivity type formed on the active layer. Further, the LED includes a window layer formed on the second cladding layer, where the electrical resistivity of the window layer is less than that of the second cladding layer. A contact layer is then formed on the window layer for providing ohmic contact. Finally, the LED also includes a conductive transparent oxide layer formed on the contact layer, where the electrical resistivity of the conductive transparent oxide layer is less than that of the window layer and the contact layer.

In another embodiment of the present invention, an additive distributed Bragg reflector layer having sublayers is further formed between the substrate and the first cladding layer, thereby increasing external efficiency of the LED.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present invention can be fully understood by reading the subsequent detailed description of the preferred embodiments thereof with references made to the accompanying drawings, wherein:

FIG. 1 shows a cross-sectional view of a first prior art LED;

FIG. 2 shows a cross-sectional view of a second prior art LED;

FIG. 3 shows a cross-sectional view of a third prior art LED;

FIG. 4 shows a cross-sectional view of a fourth prior art LED;

FIG. 5 shows a cross-sectional view illustrative of an LED in accordance with one embodiment of the present invention;

FIG. 6A shows a band structure of a step index separate confinement MQW;

FIG. 6B shows a band structure of a graded index separate confinement MQW;

FIG. 7A shows a staircase formation for forming a compositional grading window layer;

FIG. 7B shows a linear formation for forming a compositional grading window layer;

FIG. 7C shows a sublinear formation for forming a compositional grading window layer;

FIG. 7D shows a superlinear formation for forming a compositional grading window layer; and

FIG. 8 shows a cross-sectional view illustrative of an LED in accordance with another embodiment of the present invention.

DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

FIG. 5 shows a cross-sectional view illustrative of a light emitting diode (LED) in accordance with one embodiment of the present invention. A back electrical contact 50 is provided to act as a back electrode. An n-type electrode is used in this embodiment and, however, it is appreciated that a p-type electrode can be used instead without departing from the scope of the claimed invention.

A substrate 52 is then formed on the n-type electrode 50. In this embodiment, an n-type GaAs layer is conventionally formed to a thickness of about 350 μm . A stacked structure of AlGaInP 54, which is often referred to as active p-n junction layer, is formed on the substrate 52. In this embodiment, the structure 54 includes a bottom n-type cladding layer of AlGaInP 540, an active layer of AlGaInP 542, and a top p-type cladding layer of AlGaInP 544. The thickness of the bottom cladding layer 540, the active layer 542 and the top cladding layer 544 is preferably about 1.0, 0.75, and 1.0 μm respectively.

In one implementation of this embodiment, the active layer 542 is formed using a conventional double heterostructure (DH) technique. In another implementation, the active layer 542 is formed using a conventional multiple quantum well (MQW) technique. Owing to quantum effect, the proportion of the active layer 542 decreases, therefore reducing proportion of oxygen therein. Consequently, the quality of the crystalline is improved, and the illuminance efficiency of the LED increases accordingly. Further, carrier overflow phenomenon is reduced to confine carriers inside the quantum wells because the carrier

concentration in each quantum well is reduced as the number of the quantum wells becomes large. There are generally two types of multiple quantum well structure. FIG. 6A shows a band structure of a step separate confinement MQW, in which there are step-shaped confining layers 60 between the cladding layers 540, 544 and the MQW active layer 542. On the contrary, a graded index separate confinement MQW as shown in FIG. 6B uses graded confining layers 62 within the cladding layers 540, 544 and MQW active layer 542. For shorter wavelength (about 575.about.560 nm) LED structure with weak quantum well confinement, the graded index separate confinement MQW achieves a better illuminance efficiency since it contains a reduced density of states in the confining layers 60.

Referring back to FIG. 5, a p-type window layer 56 having a thickness of about 10 μm is formed on top cladding layer 544. The electrical resistivity of the window layer 56 (about 0.05 $\Omega\cdot\text{cm}$) is less than or equal to that of the top cladding layer 544. Transparent material, such as GaP, GaAsP, GaInP, AlGaAs is preferably used. This window layer 56 is used to improve the illuminance efficiency of the LED. For example, a conventional 590 nm LED without a window layer usually has brightness of 10 minicandela (or mcd). However, 30 mcd or more can be obtained by adding the window layer 56 on top cladding layer 544.

The window layer 56 can also be formed as a compositional grading window layer by gradually adjusting the composition of AlGaInP. FIG. 7A shows a staircase formation of the window layer 56, where the proportion of Ga, In or Al is changed stepwisely along the thickness of the window layer 56. FIG. 7B shows another similar situation, where the proportion of Ga, In, or Al is changed linearly. Similarly, 7C illustrates a sublinear formation, and FIG. 7D illustrates a superlinear formation. The staircase or linear formations have advantage of high controllability and stability. The sublinear formation has advantage of thicker window layer because of its low defect density, and the superlinear formation can be used to increase illuminance efficiency by lowering resistivity of the window layer 56. Generally, using compositional grading window layer 56 makes its lattice constant compatible with that of the underlying double heterostructure layer 54.

Referring to FIG. 5 again, a p-type contact layer 58 is formed on the window layer 56. GaAsP, GaP, GaInP, or GaAs is used to form this contact layer 58. In this embodiment, the carrier concentration is greater than $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, and its thickness is greater than 500 angstroms, so that a good ohmic contact can be formed between the window layer 56 and a conductive transparent oxide layer 60, which will be described later. The electrical resistivity of the conductive transparent oxide layer 60 (about $3 \times 10^{-4} \Omega\cdot\text{cm}$) is smaller than that of the contact layer 58 (about 0.01 $\Omega\cdot\text{cm}$), and the window layer 56 (about 0.05 $\Omega\cdot\text{cm}$).

Tin oxide, indium oxide, or indium tin oxide (ITO) is preferably used to form the conductive transparent oxide layer 60. The preferred thickness of the conductive transparent oxide layer 60 is between 1000 angstroms to 50000 angstroms. Therefore, the transmittance of the conductive transparent oxide layer 60 is excellent for LEDs in the wavelength range from 550 nanometers (green) to 630 nanometers (red). The conductive transparent oxide layer 60 does not absorb photons emitted from the active layer 542, and its electrical resistivity is only about $3 \times 10^{-4} \Omega\cdot\text{cm}$, so that the injected current may substantially spread out through the entire diode, thereby contributing to higher power output.

As the window layer 56 is not thick enough to provide good spreading capability for overcoming the current crowding problem, the window layer 56 and the conductive transparent oxide layer 60 work together to provide LEDs with high brightness. In this embodiment, 50 mcd or more can be obtained compared to 15 mcd for a conventional LED without the window layer 56 and the conductive transparent oxide layer 60. Finally, a p-type electrical contact 62 is formed on a portion of the conductive transparent oxide layer 60 to act as a front electrode. It is noted that each layer, except the conductive transparent oxide layer 60 and the electrodes 50, 62, shown in FIG. 5 can be grown using metalorganic vapor phase epitaxy (MOVPE) method, thereby achieving high controllability of composition, carrier concentration, layer thickness, and simplifying manufacturing.

FIG. 8 shows a cross-sectional view illustrative of an LED in accordance with another embodiment.

present invention. Layers that are not changed in appearance from the structure of FIG. 5 are labeled the same reference numerals, and are not described in detailed. The basic difference from the structure of FIG. 5 is the additive distributed Bragg reflector (DBR) layer 80. AlGaInP or AlGaAs is preferably forming this DBR layer 80, which includes a stack of more than 20 layers in this embodiment. The DBR layer 80 is primarily used to eliminate the absorption of the light emitted from the active layer 542 on substrate 52, thereby increasing extraction efficiency of the LED. In this embodiment, about 100% can be obtained by using the DBR layer 80.

Although specific embodiments have been illustrated and described, it will be obvious to those skilled in the art that various modifications may be made without departing from the spirit which is intended to be limited solely by the appended claims.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

Claims of corresponding document: **US6057562**

What is claimed is:

1. A light emitting diode comprising:
a substrate formed on a first electrode;
a distributed Bragg reflector layer of a first conductivity type having more than twenty sublayers formed on said substrate;
a first cladding layer of the first conductivity type formed on said distributed Bragg reflector layer;
an active layer formed on said first cladding layer;
a second cladding layer of a second conductivity type formed on said active layer;
a window layer of the second conductivity type formed on said second cladding layer, electrical resistivity of said window layer being less than electrical resistivity of said second cladding layer;
a contact layer of the second conductivity type formed on the said window layer for providing ohmic contact; and
a conductive transparent oxide layer formed on said contact layer, electrical resistivity of said conductive transparent oxide layer being less than the electrical resistivity of said window layer and said contact layer.
2. The light emitting diode according to claim 1, wherein said active layer comprises AlGaInP.
3. The light emitting diode according to claim 2, wherein said active layer comprises an AlGaInP multiple quantum well structure.
4. The light emitting diode according to claim 1, wherein said window layer comprises a material chosen from the group consisting of GaP, GaAsP, GaInP, and AlGaAs.
5. The light emitting diode according to claim 1, wherein said window layer comprises a compositionally graded layer of AlGaInP.
6. The light emitting diode according to claim 5, wherein said compositionally graded layer is formed by changing proportion of Ga, In, and Al in a staircase manner during formation.
7. The light emitting diode according to claim 5, wherein said compositionally graded layer is formed by changing proportion of Ga, In, and Al in a linear manner during formation.
8. The light emitting diode according to claim 5, wherein said compositionally graded layer is formed by changing proportion of Ga, In, and Al in a sublinear manner during formation.
9. The light emitting diode according to claim 5, wherein said compositionally graded layer is formed

changing proportion of Ga, In, and Al in a superlinear manner during formation.

10. The light emitting diode according to claim 1, wherein said contact layer comprises a material chosen from the group consisting of GaAsP, GaP, GaInP, and GaAs.

11. The light emitting diode according to claim 1, wherein said conductive transparent oxide layer comprises a material chosen from the group consisting of indium tin oxide, indium oxide, tin oxide, oxide, and magnesium oxide.

12. The light emitting diode according to claim 1, wherein said substrate comprises GaAs.

13. The light emitting diode according to claim 1, wherein said first cladding layer comprises AlGaInP.

14. The light emitting diode according to claim 1, wherein said second cladding layer comprises AlGaInP.

15. The light emitting diode according to claim 1, wherein said distributed Bragg reflector layer comprises a material chosen from the group consisting of AlGaInP and AlGaAs.

16. A light emitting diode comprising:
a substrate formed on a first electrode;
a distributed reflector layer of a first conductivity type having more than twenty sublayers, said distributed Bragg reflector layer being formed on said substrate;
a first cladding layer of the first conductivity type formed on said distributed Bragg reflector layer;
an active layer formed on said first cladding layer;
a second cladding layer of the second conductivity type formed on said active layer;
a contact layer of the second conductivity type formed on said second cladding layer for providing electrical contact; and
a conductive transparent oxide layer formed on said contact layer.

17. The light emitting diode according to claim 16, wherein said active layer comprises AlGaInP.

18. The light emitting diode according to claim 16, wherein said contact layer comprises a material chosen from the group consisting of GaAsP, GaP, GaInP, and GaAs.

19. The light emitting diode according to claim 16, wherein said conductive transparent oxide layer comprises a material chosen from the group consisting of indium tin oxide, indium oxide, tin oxide, oxide, and magnesium oxide.

20. The light emitting diode according to claim 16, wherein said first cladding layer comprises AlGaInP.

21. The light emitting diode according to claim 16, wherein said second cladding layer comprises AlGaInP.

22. The light emitting diode according to claim 16, wherein said distributed Bragg reflector layer comprises a material chosen from the group consisting of AlGaInP and AlGaAs.

23. A light emitting diode according to claim 16, wherein said active layer comprises an AlGaInP multiple quantum well structure.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-17220

(43)公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51)Int.Cl.⁹

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

B

E

審査請求 有 請求項の数47 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-128077

(22)出願日 平成10年(1998) 4月23日

(31)優先権主張番号 8 6 1 0 8 5 3 7

(32)優先日 1997年 6月18日

(33)優先権主張国 台湾 (T W)

(71)出願人 598061302

晶元光電股▲ふん▼有限公司

台湾新竹科学工業園區新竹市工業東四路 1
號 1 樓

(72)発明者 李 秉傑

台湾新竹市光明新村98號

(72)発明者 周 銘俊

台湾新竹縣竹東鎮明星路216巷15號

(72)発明者 譚 昌琳

台湾新竹市東區民享一街12巷18號

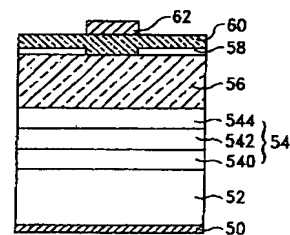
(74)代理人 弁理士 竹本 松司 (外 4 名)

(54)【発明の名称】 発光ダイオード

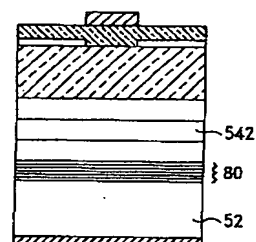
(57)【要約】

【課題】 発光効率の高い発光ダイオードの提供。

【解決手段】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に順に形成された第1クラッド層、活性層、第2導電型を有する第2クラッド層、電気抵抗が該第2クラッド層のものより小さいウインドウ層、該ウインドウ層の上の形成されてオームコンタクトを提供する第2導電型のコンタクト層とされて該コンタクト層の上端から該コンタクト層の底部まで延伸され該ウインドウ層の表面まで貫通する凹んだ領域が設けられているもの、該コンタクト層の上に形成された導電透光酸化層とされて該コンタクト層内に位置する該凹んだ領域を充滿し、電気抵抗が該ウインドウ層と該コンタクト層の電気抵抗より小さいもの、第2電極とされて該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、その大きさと位置が該コンタクト層内の該凹んだ領域に対応するもの、以上を包括する。



A



B

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされて、該コンタクト層の上端から該コンタクト層の底部まで延伸され該ウインドウ層の表面まで貫通する凹んだ領域が設けられているものと、該コンタクト層の上に形成された導電透光酸化層とされ、該コンタクト層内に位置する該凹んだ領域を充填し、電気抵抗が該ウインドウ層と該コンタクト層の電気抵抗より小さいものと、第2電極とされ、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、その大きさと位置が該コンタクト層内の該凹んだ領域に対応するもの、以上を少なくとも包括して構成された、発光ダイオード。

【請求項2】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項3】 請求項2に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項4】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項5】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項6】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項7】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項8】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項9】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項10】 請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層 (distributed Bragg reflector) が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

t or) が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項11】 請求項10に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項12】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層と、該コンタクト層の上の一部に形成された絶縁領域と、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面に形成され、該第2電極の大きさと位置が該絶縁領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオード。

【請求項13】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項14】 請求項13に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項15】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項16】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項17】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項18】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項19】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項20】 請求項12に記載の発光ダイオードに

において、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項21】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項22】 請求項21に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項23】 請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、上記絶縁領域の材料が、酸化シリコン、窒化シリコン及び酸化アルミニウムのいずれかとされることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項24】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト(ohmic contact)を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部にイオンレイアウトにより第2導電型を有する高抵抗領域が形成されるものと、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該ウインドウ層内の該高抵抗領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオード。

【請求項25】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項26】 請求項25に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項27】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項28】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項29】 請求項24に記載の発光ダイオードに

において、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項30】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項31】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項32】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項33】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項34】 請求項33に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項35】 請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、上記イオンレイアウトに使用されるイオンがH⁺ 或いはO⁺ とされることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項36】 第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト(ohmic contact)を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部にイオン拡散により拡散領域が形成されることでポテンシャルバリエーションが該ウインドウ層と該拡散領域の間に形成されるものと、該コンタクト層の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該コンタクト層と該ウインドウ層内の該拡散領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオード。

【請求項37】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項38】 請求項37に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子

10

20

30

40

50

子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項39】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項40】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括すること
10 を特徴とする、発光ダイオード。

【請求項41】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオード。

【請求項42】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項43】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。
20

【請求項44】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオード。

【請求項45】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオード。
30

【請求項46】 請求項45に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオード。

【請求項47】 請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、上記イオン拡散に使用されるイオンが亜鉛イオンとされることを特徴とする発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、一種の発光ダイオードの構造に関し、さらに詳しくは、クラッド層を有する発光ダイオードの構造に関する。
40

【0002】

【従来の技術】 AlGaInP結晶技術中、AlとGaNO活性層内の比率を調整することで、波長550～680nmの間の発光ダイオードを製造できる。さらに、MOVPE(moetalorganic vapor phase epitaxy有機金属気相エピタキシー)技術を応用することで良好なAlGaInPヘテロ接合素子を形成できる。伝統的な発光ダイオードのAl
50

GaInPヘテロ接合構造は、n形GaAs基板上のn形AlGaInPクラッド層、該クラッド層上のAlGaInP活性層、及び該活性層上に形成されたp形AlGaInPクラッド層を包括する。

【0003】 発光ダイオードを有効に操作するためには、AlGaInPヘテロ接合のpn接合面に注入する電流が水平方向に均一に分散して均一な光線を発するようになる必要がある。MOVPE法で形成したp形AlGaInPクラッド層の不純物導入濃度は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上を達成しにくかった。さらに、p形AlGaInP半導体内の正孔遷移率(mobility)は、ほぼ $10 \sim 20 \text{ cm}^2 \text{ v/sec}$ と、極めて低い。このためp形AlGaInP半導体内の抵抗値は極めて大きく(ほぼ $0.3 \sim 0.6 \Omega \text{ -cm}$)、電流の分散性が極めて悪くなった。さらに、もしAlGaInP内のAl含有量が増加すると、抵抗値が顕著に増加した。ゆえに電流が金属電極付近に集中して電流クロードニング(current crowding)の問題を形成した。

【0004】 Fletcher等によるアメリカ合衆国特許第5,008,718号中には、電流クロードニングを克服する技術が開示されている。図1に示されるように、それは、下層電極10、n形GaAs基板12、AlGaInPヘテロ接合構造14、p形GaPで形成ウインドウ層16及び上層電極18を包括する。上述のAlGaInPヘテロ接合構造14はn形AlGaInP下クラッド層140、AlGaInP活性層142及びAlGaInP上クラッド層144を包括する。ウインドウ層には低抵抗値の材料が選択され、それにより電流を均一に分散させ、且つそのバンドギャップはAlGaInPより大きく、それによりウインドウ層が活性層からの光線を透明となすことができる。

【0005】 紅色から橙色の光を発生する発光ダイオードでは、通常AlGaAsがウインドウ層の材料として用いられる。この材料は底層のn形GaAs基板12の結晶を相互にマッチさせるという優れた点を有している。黄色から緑色の光を発生する発光ダイオードでは、ウインドウ層の材料として通常GaAsP或いはGaPが採用される。この材料はAlGaInPヘテロ接合構造14とn形GaAs基板12をマッチさせにくい欠点を有している。この欠点により高い転位(dislocation)密度がもたらされ、それが素子の操作寿命に影響する。K. H. Huang等によるApplied Physics Letter, vol 61(1992), 第1045頁中には類似の構造が記載されており、それは約50ミクロン厚さのウインドウ層16を有している。この構造はウインドウ層を持たない伝統的な発光ダイオードの3倍の発光効率を有し、且つ10ミクロンウインドウ層を有する従来の発光ダイオードの2倍の発光効率を有している。しかし、この構造は、2種

類の製造工程により実施され、即ちMOVPE法でAlGaInPヘテロ接合を形成し、さらにVPE (vapor phase epitaxy, 気相エピタキシー) でGaPウインドウ層16を形成するため、製造時間と複雑度が増加した。

【0006】図2は別の周知の発光ダイオードの構造を示している。それは、アメリカ合衆国特許第5,048,035号に記載されているものであり、図1と同じ層は同じ符号を以て表示している。図1の構造のほか、この構造ではAlGaInPクラッド層20がヘテロ接合構造14の上に形成されており、また、GaAsコンタクト層がウインドウ層16と上層電極18の間に形成されている。クラッド層20は上層電極18に対応する位置にあり、電流が電極下方のクラッド層20を通過しないようにして、電流が水平方向に有効に分散するようにしてある。この構造は2回のMOVPE工程を要し、即ち第1回のMOVPE工程でヘテロ接合構造14とクラッド層20を形成し、さらにリソグラフィ技術でクラッド層20の領域を画定し、最後に第2回MOVPE法でウインドウ層16を形成する。

【0007】図3は、第3の従来の発光ダイオードの構造を示し、アメリカ合衆国特許第5,481,122号に記載されたものであり、図1と同じ層は同じ符号で表示してある。図3に示される構造では、図1のp形GaPで形成ウインドウ層16に代えて、p形コンタクト層40及び導電透光酸化層42が採用されている。通常、酸化インジウム錫 (ITO) により導電透光酸化層42が形成されて、可視光範囲内で90%の透光性が得られる。その抵抗係数は約 $3 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ でp形AlGaInPの千分の一の大きさであり、且つp形GaPの抵抗の百分の一の大きさである。しかし、0.1~5ミクロンの最適厚さの層はこの結晶側面より発生する光を有効に利用できず、このため発光ダイオードの発光効率が制限された。

【0008】図4は第4の従来の発光ダイオードの構造を示し、図3のものと同じ層は同じ符号で表示してある。この構造中、電極層19とp形AlGaInP上クラッド層144の間にはショットキーバリア (Schottky barrier) が形成されている。このショットキーバリアと導電透光酸化層42は電極層19の底を流れる電流を横向きに分散させるのに用いられる。この構造の欠点は、比較的複雑な製造工程により導電透光酸化層42、コンタクト層40及び上クラッド層144を蝕刻する必要があることである。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来の技術による発光ダイオードの多くの欠点を鑑み、本発明では、ショットキーバリア、絶縁領域、高抵抗領域或いは拡散pn接合界面を形成することで、クラッド層を形成し、それによりダイオードの輝度を高め、製造コストを下げ、

紅色と緑色の間の光を発生する発光ダイオードを提供することを課題としている。

【0010】本発明は次に、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それは、そのほとんどをMOVPE法で製造し、ゆえに、その組成、キャリア濃度、組成厚さを正確に制御でき、工程を簡素化できるものとする。

【0011】本発明はさらに、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それは、多重量子井戸 (multiple quantum well) 構造を使用して活性層となすことで、結晶品質と発光ダイオードの発光効率を改善したものとする。

【0012】本発明はさらにまた、一種の発光ダイオードを提供することを課題とし、それはブラッグ反射層を有して、それにより活性層からの光線の基板による吸収を減少して、発光ダイオードの発光効率を高めたものとする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされて、該コンタクト層の上端から該コンタクト層の底部まで延伸され該ウインドウ層の表面まで貫通する凹んだ領域が設けられているものと、該コンタクト層の上に形成された導電透光酸化層とされ、該コンタクト層内に位置する該凹んだ領域を充填し、電気抵抗が該ウインドウ層と該コンタクト層の電気抵抗より小さいものと、第2電極とされ、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、その大きさと位置が該コンタクト層内の該凹んだ領域に対応するもの、以上を少なくとも包括して構成された、発光ダイオードとしている。

【0014】請求項2の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0015】請求項3の発明は、請求項2に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0016】請求項4の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、

発光ダイオードとしている。

【0017】請求項5の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0018】請求項6の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0019】請求項7の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0020】請求項8の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0021】請求項9の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0022】請求項10の発明は、請求項1に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0023】請求項11の発明は、請求項10に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0024】請求項12の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト(ohmic contact)を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層と、該コンタクト層の上の一部に形成された絶縁領域と、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面に形成され、該第2電極の大きさと位置が該絶縁領域に対応するもの、少なくとも一つを包括して構成された発光ダイオードとしている。

【0025】請求項13の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAl

GaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0026】請求項14の発明は、請求項13に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0027】請求項15の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0028】請求項16の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0029】請求項17の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0030】請求項18の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0031】請求項19の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0032】請求項20の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0033】請求項21の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0034】請求項22の発明は、請求項21に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0035】請求項23の発明は、請求項12に記載の発光ダイオードにおいて、上記絶縁領域の材料が、酸化シリコン、窒化シリコン及び酸化アルミニウムのいずれかとされることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0036】請求項24の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成され

た活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部にイオンレイアウトにより第2導電型を有する高抵抗領域が形成されるものと、該コンタクト層と該絶縁領域の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該ウインドウ層内の該高抵抗領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオードとしている。

【0037】請求項25の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0038】請求項26の発明は、請求項25に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0039】請求項27の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0040】請求項28の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0041】請求項29の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0042】請求項30の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0043】請求項31の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0044】請求項32の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0045】請求項33の発明は、請求項24に記載の

発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層 (distributed Bragg reflector) が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0046】請求項34の発明は、請求項33に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0047】請求項35の発明は、請求項24に記載の発光ダイオードにおいて、上記イオンレイアウトに使用されるイオンがH⁺ 或いはO⁺ とされることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0048】請求項36の発明は、第1電極上に形成された基板と、該基板の上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、該第1クラッド層の上に形成された活性層と、該活性層の上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層と、該第2クラッド層の上に形成されてその電気抵抗が該第2クラッド層の電気抵抗より小さいウインドウ層と、該ウインドウ層の上に形成されてオーミックコンタクト (ohmic contact) を提供するのに用いられる第2導電型を有するコンタクト層とされ、該コンタクト層の一部及び該ウインドウ層の一部にイオン拡散により拡散領域が形成されることでポテンシャルバリアーが該ウインドウ層と該拡散領域の間に形成されるものと、該コンタクト層の上に形成されて電気抵抗が該ウインドウ層及びコンタクト層の電気抵抗より小さい導電透光酸化層と、第2電極とされて、該導電透光酸化層の一部の表面上に形成され、該第2電極の大きさと位置が該コンタクト層と該ウインドウ層内の該拡散領域に対応するもの、少なくとも以上を包括して構成された発光ダイオードとしている。

【0049】請求項37の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0050】請求項38の発明は、請求項37に記載の発光ダイオードにおいて、前記活性層が少なくともAlGaInP多重量子井戸構造を有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0051】請求項39の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記ウインドウ層がGaP、GaAsP、GaInP、AlGaInP及びAlGaAsの少なくともいずれか一つを有することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0052】請求項40の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記コンタクト層が、GaAsP、GaP、GaInP及びGaAsの少なくとも一つを包括することを特徴とする、発光ダイオードとしている。

10

20

30

40

50

【0053】請求項41の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記導電透光酸化層が酸化インジウム錫、酸化インジウム、酸化錫、酸化亜鉛、酸化マグネシウムの少なくとも一つを含むことを特徴とする、発光ダイオードとしている。

【0054】請求項42の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記基板が少なくともGaAsを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0055】請求項43の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記第1クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0056】請求項44の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、前記第2クラッド層が少なくともAlGaInPを含むことを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0057】請求項45の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、さらに第1導電型と多数層を有するブラッグ反射層(distributed Bragg reflector)が基板の上の第1クラッド層の下に形成されていることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0058】請求項46の発明は、請求項45に記載の発光ダイオードにおいて、上記ブラッグ反射層がAlGaInPとAlGaAsのいずれか一つを少なくとも有することを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0059】請求項47の発明は、請求項36に記載の発光ダイオードにおいて、上記イオン拡散に使用されるイオンが亜鉛イオンとされることを特徴とする発光ダイオードとしている。

【0060】

【発明の実施の形態】本発明の発光ダイオードは、第1電極上に形成された基板と、基板上に形成された第1導電型を有する第1クラッド層と、第1クラッド層上に形成された活性層と、活性層上に形成された第2導電型を有する第2クラッド層を包括する。この発光ダイオードはまた第2クラッド層上に形成された第2導電型を有するウインドウ層を有し、該ウインドウ層の抵抗は第2クラッド層の抵抗より小さい。該ウインドウ層の上には第2導電型を有するコンタクト層が形成されて、オーミックコンタクト(ohmic contact)を提供する。コンタクト層の上には導電透光酸化層が形成され、該導電透光酸化層の抵抗はウインドウ層とコンタクト層の提供より小さい。本発明はさらに電流阻止領域を有する。この電流阻止領域は凹んだ領域を有するコンタクト層と、コンタクト層上に形成された絶縁領域と、コンタクト層とウインドウ層内に形成されたイオンレイアウト領域或いはコンタクト層とウインドウ層内に形成された拡散領域を包括する。

【0061】

【実施例】図5のAは本発明の第1実施例の発光ダイオードの断面図である。底面の電氣的コンタクト部は下層電極50とされる。本発明の実施例では、n形の電極が使用されているが、p形の電極も同様に本発明に適用されて本発明の精神に違反しない。

【0062】基板52が下層電極50の上に形成される。本発明の実施例では、基板52はn形のGaAsとされ、その厚さは350ミクロンとされる。続いて、AlGaInPオーバーラップ層54(通常、活性pn接合層と称される)が基板52上に形成される。本実施例では、該AlGaInPオーバーラップ層54はn形のAlGaInP下クラッド層540、AlGaInP活性層542、及びp形のAlGaInP上クラッド層544を包括する。該n形のAlGaInP下クラッド層540、AlGaInP活性層542及びp形のAlGaInP上クラッド層544の厚さはそれぞれ1.0、0.75、及び1.0ミクロンとされる。

【0063】本実施例を実施する時には、AlGaInP活性層542は従来のヘテロ接合技術により形成される。該AlGaInP活性層542は周知の多重量子井戸(multiple quantum well; MQW)構造の技術により形成される。量子作用により、AlGaInP活性層542のAl組成が減少されて同じ波長が達成され、酸素の成分が減少される。これにより結晶構造の品質が改善され、且つ発光ダイオードの発光効率も顕著に増加する。さらに量子井戸数が大きくされると、各一つの量子井戸に位置するキャリア密度が下がり、これによりキャリアオーバーフロー減少が低減され、キャリアが有効に量子井戸中に制限される。

【0064】図5のAを参照されたい。ほぼ10ミクロン厚さのp形のウインドウ層56がp形のAlGaInP上クラッド層544の上に形成され、このp形のウインドウ層56の抵抗(0.05Ω-cm)はp形のAlGaInP上クラッド層544の抵抗より小さいか等しい。通常は、このp形のウインドウ層には、通常は透光物質が使用され、例えばGaP、GaAsP、GaInP或いはAlGaAsが用いられる。ウインドウ層56は発光ダイオードの発光効率を増加するのに用いられる。例えば、伝統的な590nmの発光ダイオードでウインドウ層を有さないものの輝度は約15mcdとされる。しかし、p形のAlGaInP上クラッド層544の上にウインドウ層56を増加した後は、約30mcdの輝度を得られる。

【0065】さらに、図5のAを参照されたい。p形のコンタクト層58がウインドウ層56の上に形成されている。この実施例では、コンタクト層58がGaAsP、GaP、GaInP或いはGaAsで形成されている。そのキャリア濃度は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ より大きく、厚さは500オングストロームより大きい。これによりウインドウ層56と導電透光酸化層60(この層につい

ては後に詳しく述べる)の間に、良好なオーミックコンタクト領域が形成される。導電透光酸化層60の抵抗($3 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$)はコンタクト層58の抵抗($0.05 \Omega\text{-cm}$)より小さい。続いて、伝統的なリソグラフィ技術を用いて、コンタクト層58内に中央領域を画定し、この領域を、ウインドウ層56部分が表面に露出するまで蝕刻して除去する。

【0066】通常、酸化錫或いは酸化インジウム錫(ITO)により導電透光酸化層60が形成され、その厚さはほぼ0.1から5ミクロンの間とされる。本実施例では、導電透光酸化層60はスパッタリング或いはビームスパッタリングで形成される。これにより、550nm(緑光)及び630nm(紅光)の間の発光ダイオードに対して、導電透光酸化層60の透光性は極めて良好となる。導電透光酸化物質と金属の特性は近いので、ウインドウ層56内のキャリア濃度が $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ より小さい時、導電透光酸化層60とウインドウ層56はトンネル効果によりオーミックコンタクトを形成不能となる。導電透光酸化層60とウインドウ層56の界面はそれによりショットキーバリアを形成し、それが電流を阻止するのに用いられる。実験から、導電透光酸化層60とコンタクト層58の間の抵抗はほぼ10オームで、且つ導電透光酸化層60とウインドウ層56の間の抵抗は $10^{13} \sim 10^{15}$ オームであることが分かった。これにより、発光ダイオードが正常な操作状態にある時(電流が約100mA以下)、形成されるショットキーバリアは良好な電流阻止効果を有する。この導電透光酸化層60は活性層542の発射する光を吸収せず、その抵抗値はわずかに3倍の $10^{-4} \Omega\text{-cm}$ であり、ショットキーバリア部分を除き、注入された電流は発光ダイオード全体に分散し、それにより発光ダイオードの輝度が増大する。

【0067】最後に、p形のコンタクトを導電透光酸化層60の上の一部分に形成して上層電極62となす。この上層電極62はほぼコンタクト層58内の凹んだ領域に対応する。注意すべきは、図5中のAの構造中、導電透光酸化層60と下層電極50、上層電極62以外は、MOVPE法で形成され、これによりその組成、キャリア濃度、組成厚さが正確に制御でき、且つ工程が簡素化されることである。

【0068】図5のBに示されるのは、本発明の第1実施例のもう一種の発光ダイオードの断面図である。これと図5のAに示されるものとの最大の違いは、多層のブラッグ反射層80(distributed Bragg reflector)が基板52上に形成されていることで、それは、AlGaInP或いはAlGaAsにより形成される。本実施例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上され

る。本実施例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0069】図6のAは本発明の第2実施例の発光ダイオードの構造を示し、その中、図5のAと同じ層は同じ符号で示してある。この同じ層は同じ工程で形成される。図5のAとの最大の違いは、コンタクト層59に対する蝕刻前に、コンタクト層59上面に一つの絶縁層64が形成されることである。続いて、伝統的なリソグラフィ技術とエッチング技術で一部の絶縁層64が除去され、図6のAに示される構造が形成される。この絶縁層64は上層電極62と対応する領域にあり、この絶縁層64は電流阻止層として使用される。本実施例では、絶縁層64の材料は酸化シリコン、窒化シリコン或いは酸化アルミニウムとされ、伝統的なPECVDにより形成され、その厚さはほぼ0.1ミクロンとされる。

【0070】図6のBは本発明の第2実施例のもう一つの発光ダイオードの断面図であり、図5のAと図5のBと同じ層は同じ符号で示してあり、同じ層は同じ工程で形成される。図6のBの構造の図6のAの構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層80(distributed Bragg reflector)が基板52上に形成されていることで、それは、通常、AlGaInP或いはAlGaAsで形成される。本実施例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本実施例では、ブラッグ反射層80を使用して80~100mcdの輝度を獲得している。

【0071】図7のAは本発明の第3実施例の発光ダイオードの構造を示し、その中、図6のAと同じ層は同じ符号で示してある。この同じ層は同じ工程で形成される。図6のAとの最大の違いは、コンタクト層59上に絶縁層が形成されず、リソグラフィ技術とイオン注入工程を使用して、一部のコンタクト層59と一部のウインドウ層56内に高抵抗領域66が形成されていることである。この高抵抗領域66はほぼ上層電極62に対応する位置にある。本実施例では注入するイオンは例えば H^+ 或いは O^+ とされて高抵抗領域66を形成して電流阻止層となすのに用いられる。

【0072】図7のBは本発明の第3実施例のもう一種の発光ダイオードの構造を示す。図6のA及び図6のBと同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図7のBの構造の図7のAの構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層80が基板52上にされていることで、該ブラッグ反射層80は、通常、AlGaInP或いはAlGaAsで形成される。本実施例では、ブラッグ反射層80は20層以上を包括する。このブラッグ反射層80は活性層542から来る光線の基板52による吸収を減少し、それにより発光ダイオード

10

20

30

40

50

の発光効率が向上される。本実施例では、ブラッグ反射層 80 を使用して 80~100 mcd の輝度を獲得している。

【0073】図 8 の A は本発明の第 4 実施例の発光ダイオードの構造を示す。それと図 7 A との間で、同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図 8 の A 中、各層の導電型と図 7 の A の各層の導電型は反対である。図 8 の A 中、電極 50、基板 52 及び下クラッド層 540 は本実施例では p 形とされ、上クラッド層 544、ウインドウ層 56、コンタクト層 59 及び電極 62 の導電型は n 形とされる。リソグラフィ技術と拡散方法により一部のコンタクト層 59 と一部のウインドウ層 56 内に p 形の拡散領域 68 が形成され、これは図 8 に示されるとおりである。この拡散領域 68 の大きさ及び位置は、ほぼ上層電極 62 に対応する。本実施例では、p 形のイオン、例えば Zn が拡散されてこの拡散領域 68 が形成される。拡散の深さはウインドウ層 56 の厚さを決定する。一般には拡散領域 68 の底ブラッグ反射層 80 はウインドウ層 56 の底ブラッグ反射層 80 より少なくとも 1 ミクロン高い。拡散領域 68 とウインドウ層 56 の間の p n 接合界面に形成されるポテンシャルバリアーが電流阻止に用いられる。

【0074】図 8 の B は本発明の第 4 実施例のもう一種の発光ダイオードの構造を示す。図 7 の A、図 7 の B と、図 8 の B との間で同じ層は同じ符号で表示し、この同じ層は同じ工程で形成される。図 8 の B の構造の図 8 の A の構造との最大の違いは、多層のブラッグ反射層 80 が基板 52 上にされていることで、該ブラッグ反射層 80 は、通常、AlGaInP 或いは AlGaAs で形成される。本実施例では、ブラッグ反射層 80 は 20 層以上を包括する。このブラッグ反射層 80 は活性層 542 から来る光線の基板 52 による吸収を減少し、それにより発光ダイオードの発光効率が向上される。本実施例では、ブラッグ反射層 80 を使用して 80~100 mcd の輝度を獲得している。

【0075】以上は本発明の望ましい実施例に関する説明であり、本発明の請求範囲を限定するためのものではなく、その他の本発明と同じ効果を達成するために本発明に基づいてなされた改変或いは修飾は、いずれも本発明の請求範囲内に属するものとする。

【0076】

【発明の効果】本発明により、輝度が高く、工程が簡素化されてコストが安く、結晶品質が改善された発光ダイオードが提供された。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の発光ダイオード構造表示図である。

【図 2】従来の別の発光ダイオード構造表示図である。

【図 3】従来のさらに別の発光ダイオード構造表示図である。

【図 4】従来のさらにまた別の発光ダイオード構造表示図である。

【図 5】本発明の第 1 実施例の 2 種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

【図 6】本発明の第 2 実施例の 2 種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

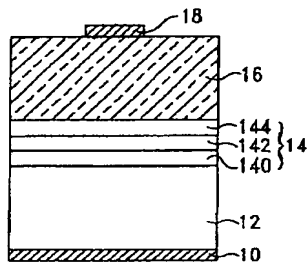
【図 7】本発明の第 3 実施例の 2 種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

【図 8】本発明の第 4 実施例の 2 種類の発光ダイオードの構造表示断面図である。

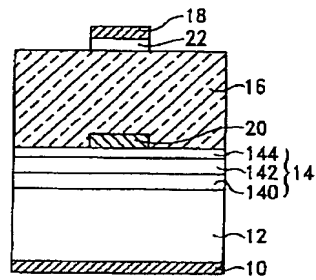
【符号の説明】

- 10 下層電極
- 12 n 形 GaAs 基板
- 14 AlGaInP ヘテロ接合構造
- 18 上層電極
- 140 n 形 AlGaInP 下クラッド層
- 142 AlGaInP 活性層
- 144 AlGaInP 上クラッド層
- 16 ウインドウ層
- 20 AlGaInP クラッド層
- 40 p 形コンタクト層
- 42 導電透光酸化層
- 19 電極層
- 50 下層電極
- 52 基板
- 54 AlGaInP オーバーラップ層
- 540 下クラッド層
- 542 活性層
- 544 上クラッド層
- 56 ウインドウ層
- 58 コンタクト層
- 60 導電透光酸化層
- 62 上層電極
- 80 ブラッグ反射層
- 59 コンタクト層
- 64 絶縁層
- 66 高抵抗領域
- 68 拡散領域

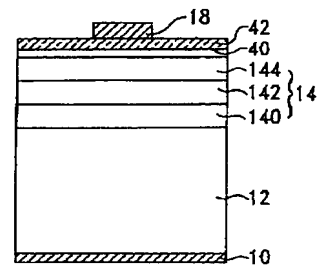
【図1】



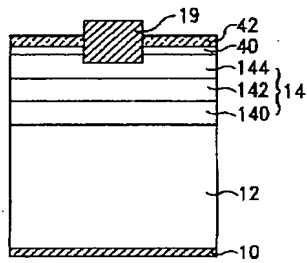
【図2】



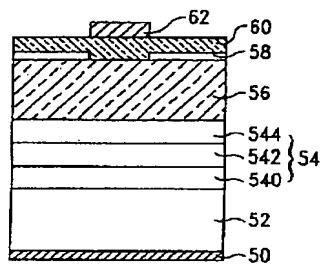
【図3】



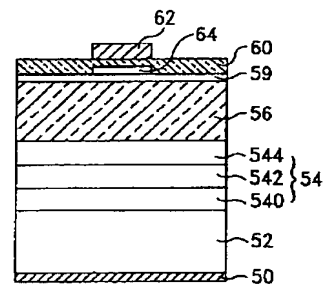
【図4】



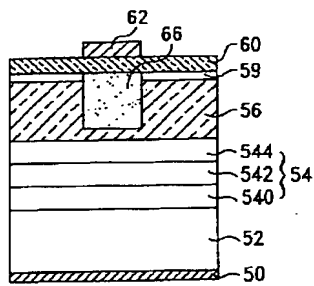
【図5】



【図6】

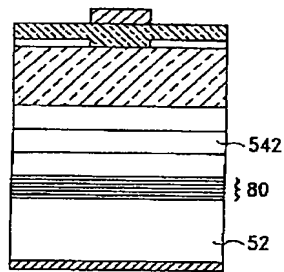


【図7】



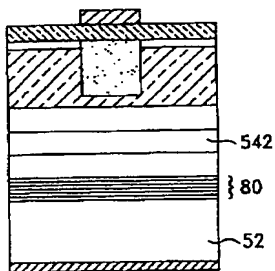
A

A



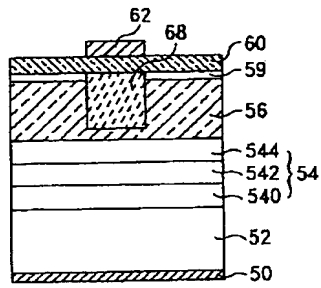
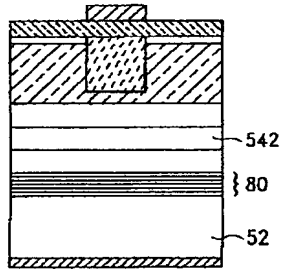
B

B



B

【図 8】

**A****B**